

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ
АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ
ДРИФТЕРАМИ SVP-B (УКРАИНА)
И XAN-3 (КАНАДА) В
ЧЕРНОМОРСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ
2001-2002 г.г.**

А.П.Толстошеев, В.С.Мотыжев

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: marlin@alpha.mhi.iuf.net

Представлены методика и результаты сравнительного анализа данных измерений атмосферного давления дрейфтерами SVP-B (НПФ «Марлин-Юг», Украина) и XAN-3 (Metoccean Data Systems Limited, Канада), полученных в ходе международного черноморского эксперимента "Black Sea 1999-2005".

В последнее время для решения задач оперативного прогнозирования погоды всё в большей мере привлекаются данные об атмосферном давлении, получаемые по каналам спутниковой связи с автономных морских платформ (дрейфтеров). В Мировом океане рядом стран (США, Канада, Франция и др.) создана и продолжает активно расширяться сеть таких платформ [1]. Одной из важнейших проблем, обозначенных на международной комиссии сотрудничества по буям сбора данных (DBCP), является снижение стоимости бита информации при сохранении качества данных измерений и увеличении времени жизни буя. Всячески поощряются исследования, направленные на решение этих задач. Для оценивания достоверности информации, получаемой с автономных измерительных платформ, создана система контроля качества метеобуёв (DBCP WMO IUC www.meteo.shom.fr/qctools) в процессе их эксплуатации. Погрешность оценивания определяется как наличием контрольных пунктов, по данным которых строится поле давления в районе функционирования дрейфтера, так и достоверностью этих данных и не превышает ± 3 гПа.

С 1999г. при непосредственном участии украинской научно-производственной фирмы «Марлин-Юг» (Севастополь), одного из производителей лагранжевых SVP-B

дрейфтеров, проводятся широкомасштабные эксперименты по дрейфтерным исследованиям черноморского региона. Так, в октябре 2001г. в северо-западной части Чёрного моря было развернуто шесть, а в декабре 2001г. в центральной части-восемь SVP-B Марлин-дрейфтеров, оснащённых относительно недорогими каналами измерения атмосферного давления на основе датчика серии KPY-53 (Siemens) [2]. Эти каналы были тестированы в 2000г. в Naval Oceanographic Office (USA) и признаны удовлетворяющими требованиям спецификации на SVP-B дрейфтеры. Одновременно с постановкой восьми SVP-B дрейфтеров в том же районе моря были развернуты десять дрейфтеров серии XAN-3, производимых канадскими участниками эксперимента (Metoccean Data Systems Limited). Каналы измерения атмосферного давления дрейфтеров XAN-3 выполнены на основе датчиков фирмы Vaisala. Нам представилась возможность провести сравнительный анализ качества информации, получаемой с помощью дрейфтеров, разработанных и изготовленных производителями разных стран.

Анализ основных технических характеристик бародрейфтеров [3] показывает, что наиболее жёсткие требования предъявляются именно к каналам измерения атмосферного давления, которые должны обеспечивать погрешность не более 1 гПа в диапазоне температур от минус 20 до 50°C и сохранять работоспособность в условиях ударных и вибрационных нагрузок при авиационном развёртывании этих систем. Проблемы реализации этих требований состоят, главным образом, в том, что, во-первых, в настоящее время достаточно сложно технически обеспечить необходимую долговременную (до трёх лет) стабильность характеристик преобразователей атмосферного давления в условиях влияния воздействующих факторов и ограниченной энергоёмкости элементов питания буёв; во-вторых, отсутствие единой (межгосударственной) поверочной схемы приводит к различиям в воспроизведении атмосферного давления при градуировке каналов различными производителями, и, как следствие, к погрешности измерения этого параметра. Причём, если задачи, связанные с созданием высококачественных измерителей, так или иначе решаются каждым производителем в отдельности, то

обеспечение единой межгосударственной поверочной схемы, к тому же учитывающей функции влияния воздействующих факторов, характерных для реальных условий эксплуатации, на сегодня весьма проблематично по понятным причинам.

С целью повышения достоверности информации об атмосферном давлении, получаемой с помощью измерительных систем, выпускаемых производителями разных стран, мы предприняли попытку интеркалибрации этих систем в натуральных условиях в ходе международного черноморского дрейферного эксперимента. Методика и результаты этой работы рассматриваются ниже.

Методика. В качестве данных для сравнительного анализа мы использовали информацию об атмосферном давлении, полученную с дрейферов SVP-B (Марлин-Юг, Украина) и XAN-3 (Metocean, Канада) в относительно узком пространственно-

временном масштабе: по времени выбирались результаты практически синхронных измерений; по координатам - данные дрейферов SVP-B и XAN-3, расположенных в районе размером приблизительно 100×150км. Кроме того, для повышения достоверности результатов интеркалибрации принимались во внимание только данные, полученные в условиях малых, в пределах $\pm 0,2$ гПа/час, градиентов атмосферного давления. Таким образом были сформированы два массива данных, каждый из которых представлял результаты измерения давления дрейферами SVP-B и XAN-3 в одном временном масштабе: первый - около 10:00 (GMT) 28.12.2001г., второй - около 04:40 (GMT) 06.01.2002г. (рисунок 1). В дальнейшем дистанции между объектами существенно возросли, что не позволило получить поле давления с требуемой степенью точности.

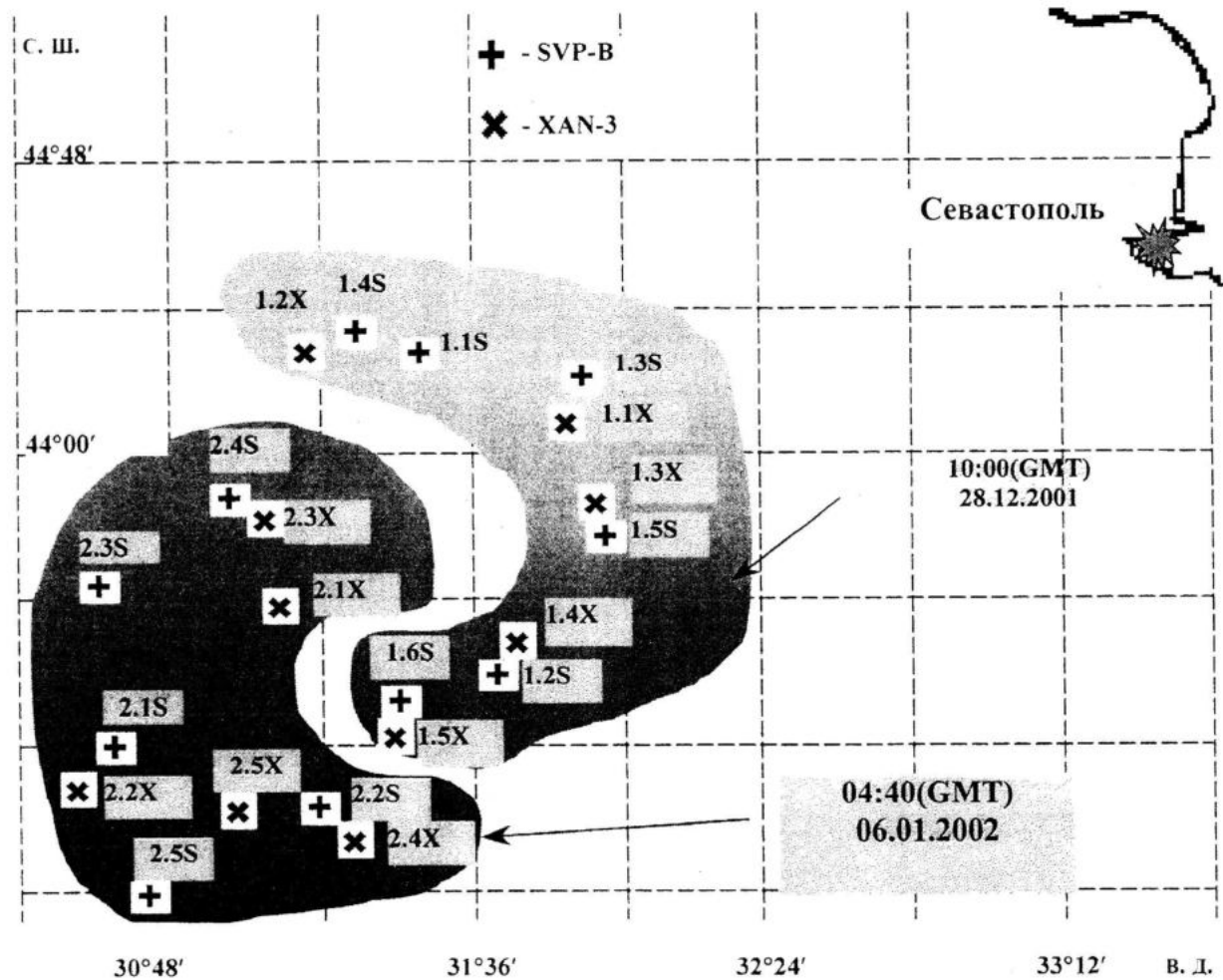


Рис.1 - Расположение буёв для двух пространственно-временных масштабов наблюдения

По данным, полученным от XAN-3, для каждого из указанных интервалов времени восстанавливалось поле атмосферного давления $P_X(\varphi_X, \lambda_X)$, которое (при выполнении указанных выше условий) можно считать стационарным:

$$P_X(\varphi_X, \lambda_X) = P_{0X} + P_{1X} \cdot \varphi_X + P_{2X} \cdot \lambda_X + P_{3X} \cdot \varphi_X \cdot \lambda_X + P_{4X} \cdot \lambda_X^2, \quad (1)$$

где P_{0X} , P_{1X} , P_{2X} , P_{3X} , P_{4X} - коэффициенты аппроксимирующего полинома; φ_X , λ_X - широта и долгота места расположения измерителя XAN-3 во время наблюдения.

Отклонения $\Delta P_{S-X}(\varphi_S, \lambda_S)$ результатов измерения давления каждым SVP-B дрейфтером, расположенным в точке с координатами φ_S , λ_S от значения давления в этой же точке поля, рассчитанного по данным XAN-3, оценивались для каждого интервала наблюдения по формуле:

$$\Delta P_{S-X}(\varphi_S, \lambda_S) = P_S(\varphi_S, \lambda_S) - P_X(\varphi_S, \lambda_S), \quad (2)$$

где $P_S(\varphi_S, \lambda_S)$ - значение давления, измеренное SVP-B дрейфтером в точке с координатами φ_S , λ_S ; $P_X(\varphi_S, \lambda_S)$ - значение давления, рассчитанное по формуле (1) при $\varphi_X = \varphi_S$, $\lambda_X = \lambda_S$.

Результаты. В таблице 1 приведены результаты измерения атмосферного давления дрейфтерами SVP-B и XAN-3, а также координаты измерителей для каждого из двух наблюдаемых пространственно-временных масштабов, представленных на рисунке 1. Поле давления $P_X(\varphi_X, \lambda_X)$, рассчитанное по этим данным в соответствии с выражением (1), для каждого из двух интервалов времени аппроксимируется одной из следующих полиномиальных регрессий, средние квадратические отклонения σ_{x1} и σ_{x2} которых приблизительно равны нулю:

$$28.12.2001г.: P_X(\varphi_X, \lambda_X)_1 = 237,59 + 28,109 \cdot \varphi_X + 10,4602 \cdot \lambda_X - 0,906969 \cdot \lambda_X \cdot \varphi_X + 0,463888 \cdot \lambda_X^2;$$

$$06.01.2002г.: P_X(\varphi_X, \lambda_X)_2 = 13089,08 - 230,50 \cdot \varphi_X - 458,708 \cdot \lambda_X + 7,46211 \cdot \lambda_X \cdot \varphi_X + 2,20509 \cdot \lambda_X^2.$$

Отклонения $\Delta P_{S-X}(\varphi_S, \lambda_S)$ между результатами измерения давления каждого SVP-B дрейфтера и значением давления для соот-

ветствующей координаты поля давления, рассчитанного по результатам измерения XAN-3, вычислены по формуле (2) и приведены в таблице 1. Поверхности отклонений, построенные по этим данным для каждого интервала наблюдений, представлены на рисунке 2.

Выводы. На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы: 1) полученные оценки σ_{x1} и σ_{x2} практически равны нулю, что в определённой степени свидетельствует о достаточно высокой достоверности полей давления, рассчитанных по данным измерений XAN-3, и подтверждает корректность предложенной методики интеркалибрации; 2) отклонения результатов измерения давления каждого из SVP-B дрейфтеров от соответствующего в пространственно-временном масштабе значения из поля давления, построенного по данным измерений буями XAN-3, для большинства выборок находятся в пределах 0,5гПа (рисунок 1). Отклонения более этой величины объясняются значительным пространственным удалением соответствующих SVP-B дрейфтеров от района расположения XAN-3 на момент наблюдения.

Таким образом, в результате интеркалибрации в натуральных условиях черноморского эксперимента установлено достаточно высокое соответствие метрологических характеристик каналов измерения атмосферного давления SVP-B дрейфтеров, производимых НПФ «Марлин-Юг» (Украина), и дрейфтеров XAN-3 (Metoseap, Канада). Оценка систематической составляющей погрешности интеркалибрации не превышает 0,5гПа, что существенно меньше погрешности оценивания достоверности данных каналов атмосферного давления, которая может быть получена с помощью существующей системы контроля качества.

Хорошая сходимость результатов интеркалибрации показывает, что относительно недорогие каналы измерения атмосферного давления SVP-B дрейфтеров, производимых НПФ «Марлин-Юг», по своим эксплуатационно-техническим характеристикам полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к метеорологическим бародрейфтерам. Это делает перспективным дальнейшее развитие сети метеорологических автономных платформ с такими каналами, в частности, в Чёрном море, - важнейшем для Украины климатоформирующем регионе.

Таблица 1 - Результаты измерения атмосферного давления буями XAN-3 (Metoscean, Канада) и SVP-B (Марлин-Юг, Украина) в черноморском эксперименте 2001-2002г.г.

Дата	Тип буя	Идентиф. номер	Номер п/п	Координаты		P, гПа	$\Delta P_{s-x}(\varphi_s, \lambda_s)$, гПа
				λ	φ		
10:00 (GMT) 28.12.2001г.	XAN-3	11392	1.1x	31,86	44,12	1007,0	—
		11402	1.2x	31,16	44,31	107,2	
		11410	1.3x	31,95	43,89	1007,2	
		11412	1.4x	31,72	43,53	1007,4	
		11438	1.5x	31,39	43,29	1007,4	
	SVP-B	16330	1.1s	31,45	44,30	1006,4	0,60
		16331	1.2s	31,70	43,49	1007,3	0,10
		16332	1.3s	31,90	44,25	1006,5	0,40
		16333	1.4s	31,29	43,37	1007,1	-0,02
		16336	1.5s	31,96	43,84	1007,4	-0,15
		16337	1.6s	31,41	43,37	1007,9	-0,52
04:40 (GMT) 06.01.2002г.	XAN-3	11392	2.1x	31,10	43,62	1024,6	—
		11402	2.2x	30,52	43,14	1024,4	
		11410	2.3x	31,03	43,86	1024,6	
		11412	2.4x	31,27	43,01	1023,6	
		11438	2.5x	30,97	43,08	1023,8	
	SVP-B	16330	2.1s	30,64	43,25	1023,7	0,26
		16331	2.2s	31,20	43,10	1023,7	0,12
		16332	2.3s	30,60	43,69	1024,1	-1,03
		16336	2.4s	30,96	43,92	1024,9	-0,65
		16337	2.5s	30,72	43,85	1024,2	0,20

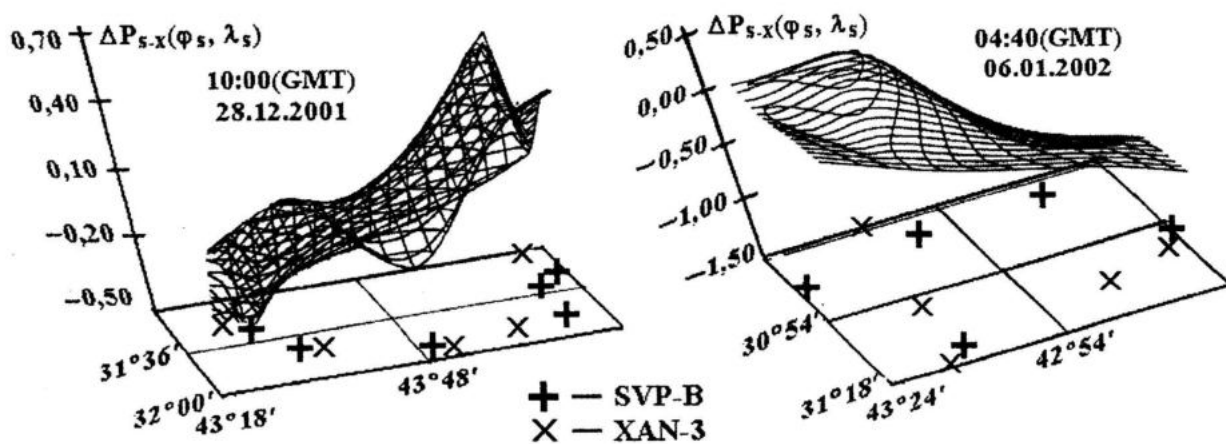


Рис. 2 - Поля разностей результатов измерения атмосферного давления дрейферами SVP-B и XAN-3 для двух пространственно-временных масштабов наблюдения

ЛИТЕРАТУРА

1. DBCP Implementation Strategy. Eighteenth Session of the Data Buoys Cooperation Panel (Trois Ilets, Martinique, France, 14-18 October 2002).

2. Толстошеев А.П., Лунёв Е.Г. Измеритель атмосферного давления для SVP-B

дрейферов.- Вестник СевГТУ. Сб. Информатика, электроника, связь: – Севастоп. гос. техн. ун-т.-2002.- Вып. 41. – С. 144-148.

3. WOCE Surface Velocity Programme Drifter Construction Manual. DBCP Technical Document No. 4 Version 1,0 – September, 1995